

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2006-024041

(43)Date of publication of application : 26.01.2006

(51)Int.Cl.

G06F 3/01 (2006.01)

(21)Application number : 2004-202392

(71)Applicant : RIKOGAKU SHINKOKAI

(22)Date of filing : 08.07.2004

(72)Inventor : SATO MAKOTO

KOBAYASHI TOSHIKAZU

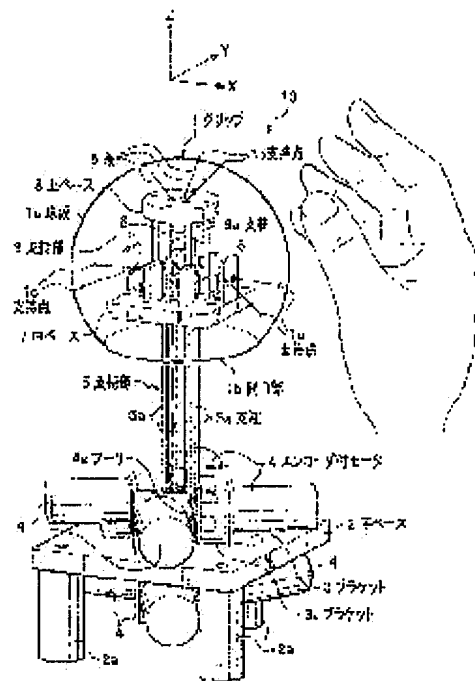
HASEGAWA SHOICHI

(54) TENSION-DRIVEN GRIP TYPE KINESTHETIC SENSE PRESENTING DEVICE AND INPUT METHOD THEREOF

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a kinesthetic sense presenting device capable of performing input operation on a desk, in a tension-driven kinesthetic sense presenting device.

**SOLUTION:** The tension-driven grip type kinesthetic sense presenting device 10 is provided with: an indication means for indicating a three-dimensional position; supporting points 1c of strings 6 which are arranged at least on seven positions on the contour of the indication means in order to support the indication means so as to freely move it in the three-dimensional directions and turn it around an optional axis; and a string tension control means for connecting the ends of strings 6 delivered from the supporting points 1c of the strings 6 to the supporting part 9 to respective measuring means, measuring the length of each string 6 from each supporting point up to each measuring means by the measuring means and controlling the tension of respective strings 6 on the basis of the measured values of the measuring means. The indication means is a grip 1 condensed into a grip type spherical shell 1a.



\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

A directing means for directing a three dimensional position,

In order to support said directing means to a circumference of arbitrary axes, enabling free rotation, enabling free movement to a three dimensional direction, A supporting point (1c) of thread (6) of an outline of the directing means allocated in seven places at least, It is faced and sent out to a supporter (9) from a supporting point (1c) of the thread (6), It is a gripped type inner force sense presenting device (10) by tension type drive provided with a yarn tension control means by which it is connected to a measurement means, respectively, and an end of thread (6) measures ltonaga of each thread (6) from each supporting point to each measurement means by said measurement means, and controls tension of each thread based on a measurement value of the measurement means,

A gripped type inner force sense presenting device (10) by tension type drive considering said directing means as a grip (1) condensed in a gripped type spherical shell (1a).

[Claim 2]

A lower base (2),

A supporter (5) is set up on said lower base (2), while being supported on it, a supporter (9) is set up from a base (7) and said inside base (7), and upper bases (8) supported on it are constituted,

Said inside base (7), and said supporter (9) and upper bases (8) are built in said spherical shell (1a),

## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention relates to the gripped type inner force sense presenting device by the tension drive of thread.

[Background of the Invention]

[0002]

When human being's sense organ touches conventionally the "object" in the virtual reality made in the computer, there is what is called an "inner force sense presenting device" as a device with which this tactile feeling is fed back. And one of the inner force sense presenting device of this has an inner force sense presenting device by the tension drive of thread. The inner force sense presenting device by tension drive is compared with the parallel mechanism constituted from a serial mechanism constituted from a direct-acting mechanism, or a link mechanism, Structure is easy, since the mechanism is lightweight, it is small, and there is an advantage also economically of being advantageous, from the ability of an excursion to be easily enlarged by taking the large length of thread. [ of an operator's corporal load ] Generally, the material of thread (Kevlar, a fishing line, a wire, etc.) is convenient for sense-of-force control which can make a mechanism lightweight and by which acceleration and a slowdown are accompanied, when these thread is used, since it is strong to hauling. A sense of force is the feeling started when a thing is touched, and it is also called a tactile sense and is susceptible with the touch spot and various kinds of receptors of the skin.

[0003]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

TECHNICAL FIELD

---

[Field of the Invention]

[0001]

This invention relates to the gripped type inner force sense presenting device by the tension drive of thread.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## PRIOR ART

---

### [Background of the Invention]

[0002]

When human being's sense organ touches conventionally the "object" in the virtual reality made in the computer, there is what is called an "inner force sense presenting device" as a device with which this tactile feeling is fed back. And one of the inner force sense presenting device of this has an inner force sense presenting device by the tension drive of thread. The inner force sense presenting device by tension drive is compared with the parallel mechanism constituted from a serial mechanism constituted from a direct-acting mechanism, or a link mechanism, Structure is easy, since the mechanism is lightweight, it is small, and there is an advantage also economically of being advantageous, from the ability of an excursion to be easily enlarged by taking the large length of thread. [ of an operator's corporal load ] Generally, the material of thread (Kevlar, a fishing line, a wire, etc.) is convenient for sense-of-force control which can make a mechanism lightweight and by which acceleration and a slowdown are accompanied, when these thread is used, since it is strong to hauling. A sense of force is the feeling started when a thing is touched, and it is also called a tactile sense and is susceptible with the touch spot and various kinds of receptors of the skin.

[0003]

Although users, such as CAD-CAM (computer aided design-computer aided manufacturing), use "Magellan" of 3DCONNEXION conventionally, Since there was no sense-of-force presentation function (i.e., since it is passive), there was a problem that operation was difficult (for example, refer to nonpatent literature 1).

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

EFFECT OF THE INVENTION

---

[Effect of the Invention]

[0014]

According to the invention concerning claim 1, the conventional frame is transposed to the spherical shell (outline) of ball state, and since the directing means was used as the gripped type of a spherical shell and was made compact, the gripped type inner force sense presenting device by the tension drive made into palm size can be provided, without thread interfering.

[0015]

According to the invention concerning claim 2, since the directing means was used as the gripped type of a spherical shell and was made compact, it can put on a desk and the gripped type inner force sense presenting device by the tension drive in which one hand operation is possible can be provided.

[0016]

According to the invention concerning claim 3, the optimal input method that both conquered the problem can be provided by performing the input method by the combination of a position input and a speed input.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

TECHNICAL PROBLEM

---

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0006]

however, the size of the conventional three dimensional input device -- 6 m(W) x2-m(L) x -- even if it is large and makes it small with 4 m (H) -- 1 m(W) x1-m(L) x -- 1 m (H) was a limit, the new problem that the connected thread became easy to interfere occurred, and there was a problem that it could not do small any more.

[0007]

Then, this invention makes it SUBJECT to provide the inner force sense presenting device by the tension drive which makes it small and places on a desk and as for which one hand operation is made to palm size, and the input method which uses it, without thread interfering.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

MEANS

---

[Means for Solving the Problem]

[0008]

In order that an invention concerning claim 1 may support a directing means for directing a three dimensional position, and said directing means to a circumference of arbitrary axes, enabling free rotation, enabling free movement to a three dimensional direction, A supporting point (1c) of thread (6) of an outline of the directing means allocated in seven places at least, It is faced and sent out to a supporter (9) from a supporting point (1c) of the thread (6), A yarn tension control means which an end of thread (6) is connected to a measurement means, respectively, measures ltonaga of each thread (6) from each supporting point to each measurement means by said measurement means, and controls tension of each thread based on a measurement value of the measurement means, It is a gripped type inner force sense presenting device (10) by preparation \*\*\*\*\* type drive, and said directing means is considered as a grip (1) condensed in a gripped type spherical shell (1a).

[0009]

According to the invention concerning claim 1, since it can grasp single hand by having used a directing means as a spherical shell (1a) of a gripped type grip (1), operativity can be improved.

[0010]



## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[0046]

[Drawing 1]It is a perspective view showing the whole gripped type inner force sense presenting device by the tension drive of this invention.

[Drawing 2]It is a bottom view of the gripped type inner force sense presenting device of this invention.

[Drawing 3]It is the mimetic diagram which compared the size of the conventional three dimensional input device and a gripped type inner force sense presenting device.

[Drawing 4]It is a lineblock diagram showing the composition of the whole system.

[Drawing 5]It is a mimetic diagram showing the relation between a grip, and a frame and thread.

[Drawing 6]It is an enlarged drawing of the conventional bracing device, (a) is a sectional view showing the state before processing, and (b) is a sectional view showing the state at the time of the end of processing.

[Drawing 7]It is a graph which shows a measurement result, and (a) of the left-hand side upper row, the middle, and the lower berth, (b), and (c) show the result measured about the translation direction of a x axis, the y-axis, and the z-axis, and (d) of the right-hand side upper row, the middle, and the lower berth, (e), and (f) are graphs which show the result measured about a x axis, the y-axis, and z direction of shaft rotation.

[Drawing 8]It is a perspective view of the three dimensional input device which is the conventional inner force sense presenting device.

---

[Translation done.]

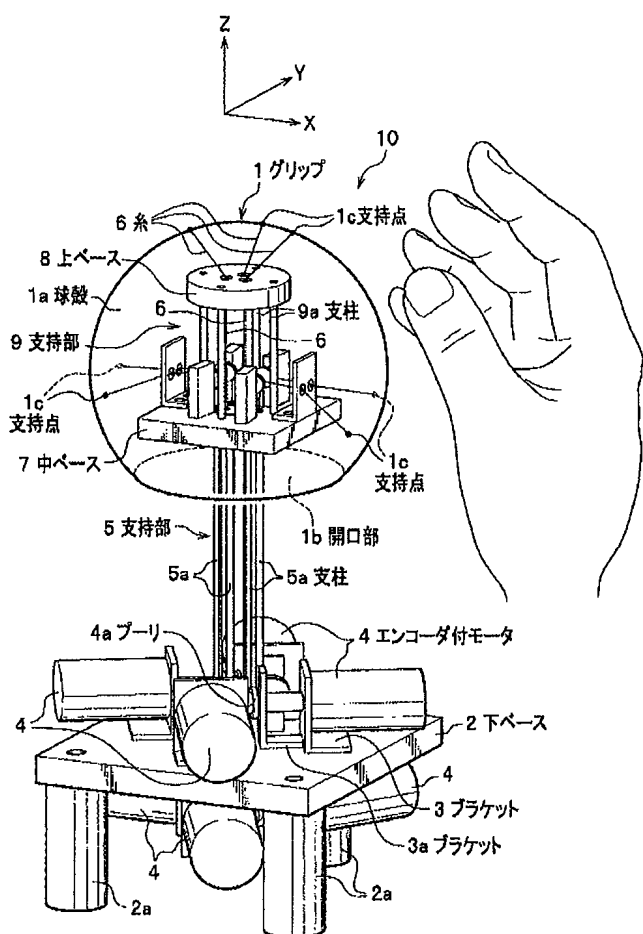
# \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

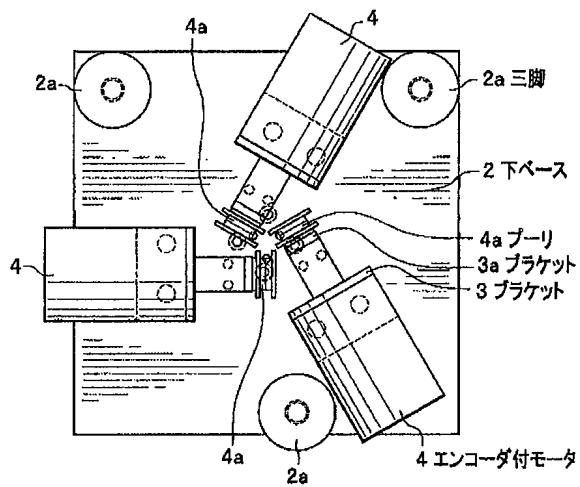
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

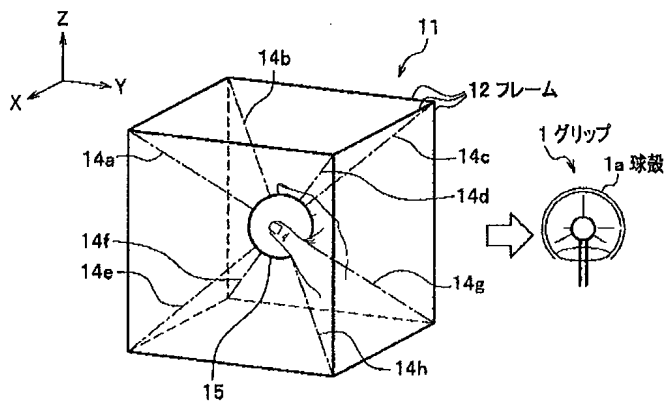
[Drawing 1]



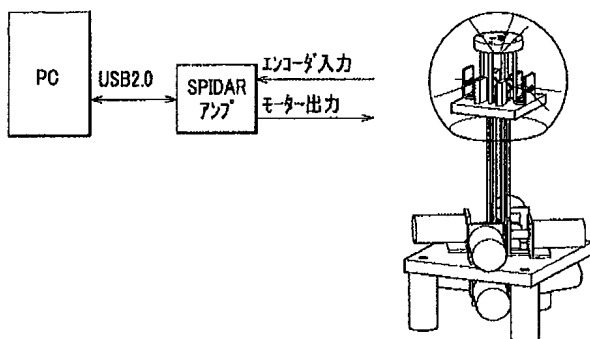
[Drawing 2]



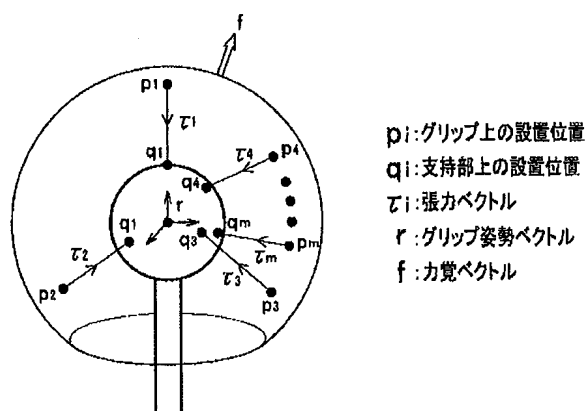
[Drawing 3]



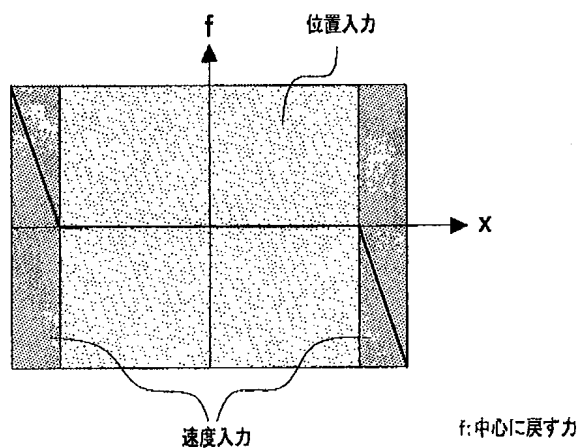
[Drawing 4]



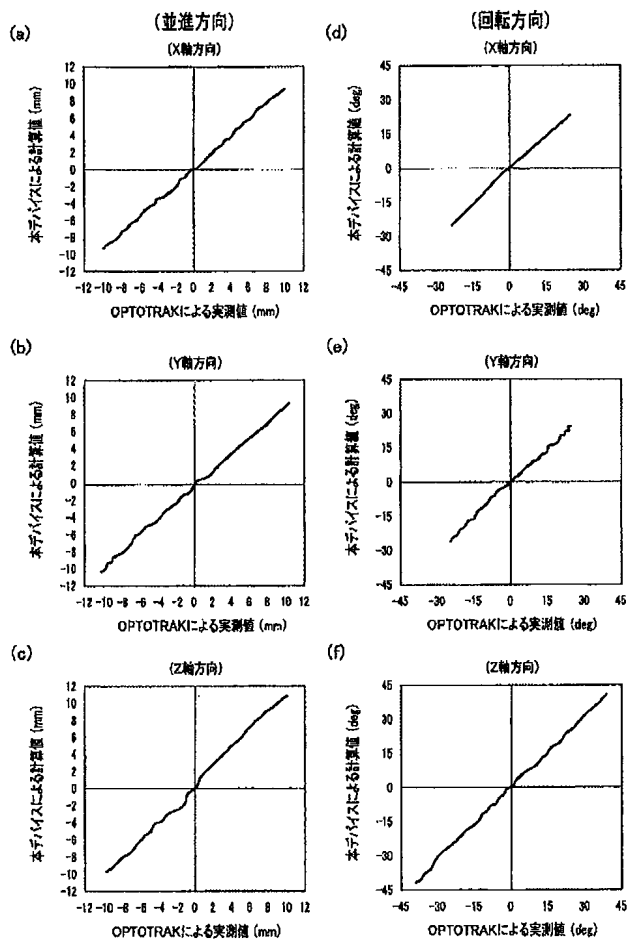
[Drawing 5]



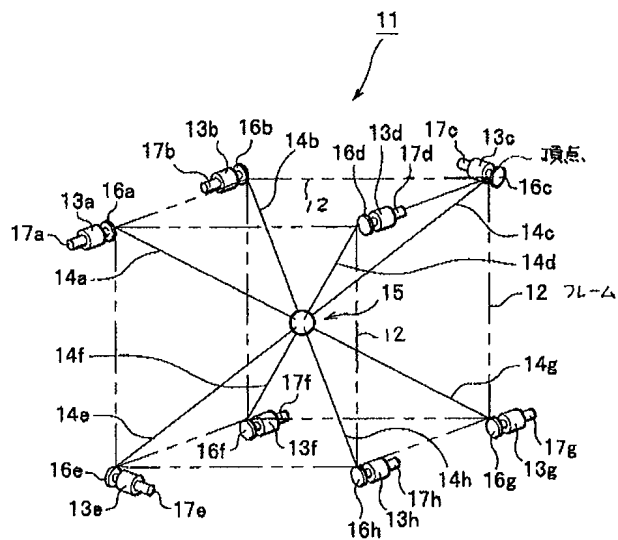
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-24041

(P2006-24041A)

(43) 公開日 平成18年1月26日(2006.1.26)

(51) Int. Cl.

G06F 3/01 (2006.01)

F I

G06F 3/00 680A

G06F 3/00 601

テーマコード (参考)

5E501

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-202392 (P2004-202392)  
 (22) 出願日 平成16年7月8日(2004.7.8)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成16年2月16日、国立大学法人東京工業大学の総合理工学研究科知能システム科学専攻の「平成15年度修士論文発表会」において発表された「平成15年度総合理工学研究科知能システム科学専攻修士論文」

(71) 出願人 899000013  
 財団法人理工学振興会  
 東京都目黒区大岡山2-12-1  
 (74) 代理人 100064414  
 弁理士 磯野 道造  
 (72) 発明者 佐藤 誠  
 神奈川県横浜市緑区長津田町4259  
 東京工業大学内  
 (72) 発明者 小林 敏和  
 神奈川県横浜市緑区長津田町4259  
 東京工業大学内  
 (72) 発明者 長谷川 晶一  
 神奈川県横浜市緑区長津田町4259  
 東京工業大学内  
 Fターム(参考) 5E501 AA30 BA05

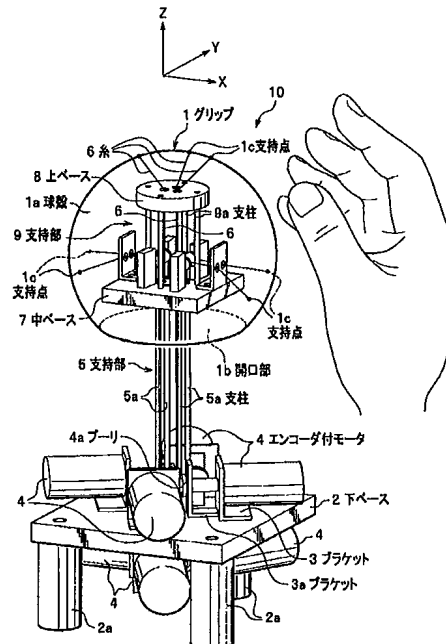
(54) 【発明の名称】 張力駆動によるグリップ型力覚提示装置およびその入力方法

(57) 【要約】

【課題】 張力型駆動による力覚提示装置において、卓上で入力操作が可能な力覚提示装置を提供する。

【解決手段】 三次元位置を指示するための指示手段と、前記指示手段を三次元方向に移動自在に、かつ、任意の軸回りに回転自在に支持するために、その指示手段の輪郭の少なくとも7箇所に配設された糸6の支持点1cと、その糸6の支持点1cから支持部9に臨んで繰出され、糸6の末端がそれぞれ計測手段に接続され、各支持点から各計測手段までの各糸6の糸長を前記計測手段により計測し、その計測手段の計測値に基づいて各糸の張力を制御する糸張力制御手段と、を備えた張力型駆動によるグリップ型力覚提示装置10であって、前記指示手段は、グリップ型の球殻1aの中に凝縮したグリップ1とすることを特徴とする張力型駆動によるグリップ型力覚提示装置10である。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

三次元位置を指示するための指示手段と、

前記指示手段を三次元方向に移動自在に、かつ、任意の軸回りに回動自在に支持するために、その指示手段の輪郭の少なくとも 7 箇所に配設された系 (6) の支持点 (1 c) と、その系 (6) の支持点 (1 c) から支持部 (9) に臨んで繰出され、系 (6) の末端がそれぞれ計測手段に接続され、各支持点から各計測手段までの各系 (6) の系長を前記計測手段により計測し、その計測手段の計測値に基づいて各系の張力を制御する系張力制御手段と、を備えた張力型駆動によるグリップ型力覚提示装置 (10) であって、

前記指示手段は、グリップ型の球殻 (1 a) の中に凝縮したグリップ (1) とすること 10  
を特徴とする張力型駆動によるグリップ型力覚提示装置 (10)。

## 【請求項 2】

下ベース (2) と、

前記下ベース (2) の上に支持部 (5) が立設され、その上に支持された中ベース (7) と、前記中ベース (7) から支持部 (9) が立設され、その上に支持された上ベース (8) とが構成され、

前記中ベース (7) と前記支持部 (9) と上ベース (8) とが前記球殻 (1 a) に内蔵されており、

前記球殻 (1 a) 内の上部の支持点 (1 c) には、少なくとも 3 本の系 (6) が接続され、それぞれの系は上ベース (8) を挿通し、中ベース (7) の下方に設けられた下ベース (2) を挿通し、下ベース (2) の下面に設置したそれぞれのエンコーダ付モータ (4) のプーリ (4 a) に巻回され、 20

球殻 (1 a) 内の下部の支持点 (1 c) には、4 本の系 (6) が接続され、それぞれの系は中ベース (7) を挿通し、下ベース (2) の上面に設置したそれぞれのエンコーダ付モータ (4) のプーリ (4 a) に巻回されていることを特徴とする請求項 1 に記載の張力型駆動によるグリップ型力覚提示装置 (10)。

## 【請求項 3】

グリップ (1) が前記グリップ型力覚提示装置 (10) の中心付近を移動しているときは位置入力を行い、グリップ (1) が前記グリップ型力覚提示装置 (10) の中心から遠ざかったときは速度入力を行って、位置入力と速度入力とを組み合わせることを特徴とする請求項 2 に記載の張力型駆動によるグリップ型力覚提示装置 (10) を用いた入力方法 30  
。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、系の張力駆動によるグリップ型力覚提示装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、コンピュータの中で作られた仮想現実の中の「物体」に人間の感覚器官が触れたときに、この触感がフィードバックされる装置として、いわゆる「力覚提示装置」がある。そして、この力覚提示装置の 1 つに、系の張力駆動による力覚提示装置がある。 40

張力駆動による力覚提示装置は、直動機構で構成するシリアルメカニズムやリンク機構で構成するパラレルメカニズムに比べて、構造は簡単であり、機構が軽量であることから操作者の肉体的な負荷が小さく、系の長さを大きくとることで可動域を簡単に大きくすることができることから経済的にも有利であるという利点がある。また、一般に、系 (ケーブル、釣糸、ワイヤ等) の材料は引っ張りに対して強いので、これらの系を利用すると、機構を軽量にすることができ、加速と減速が伴う力覚制御には都合がよい。

なお、力覚とは、物にふれたときにおこる感覚で、触覚ともいい、皮膚の触点および各種の受容器により感受される。 50



## 【0003】

従来、C A D・C A M (computer aided design・computer aided manufacturing) などの利用者は、3 D C O N N E X I O N 社の「Magellan」を利用してきたが、力覚提示機能がないため、すなわち、手ごたえがないため、操作が難しいという問題があった（例えば、非特許文献1参照）。

## 【0004】

図8は、従来の力覚提示装置である三次元入力装置の斜視図であり、フレームと、グリップと、糸とモータとの配置を示す斜視図である。図8に示すように、従来の三次元入力装置11は、フレーム12があらゆる方向に均一で安定な力覚を提示するため、立方格子状に形成されていて、フレーム12の各頂点上に一台ずつ、全体として8個のモータ（D C モータ）13a, 13b, …13hを設置している。また、フレーム12とフレーム12との頂点に8本の糸14a, 14b, …14hが配線されて一つのグリップ15を支持している。そのグリップ15は、親指とそれ以外の指で把持し得るようにほぼ球状に形成されており、グリップ15の右半分の上部と下部、および左半分の上部と下部とに、それぞれ上下および左右対象に前記8本の糸14a, 14b, …14hの一端部を接続し、他端部を、各モータ13a, 13b, …13hのモータ軸と一体となって回転するプーリ16a, 16b…16hに巻回されている。そして、各モータ13a, 13b, …13hには、糸長計測手段の一部としてロータリーエンコーダ17a, 17b, …17hが取り付けられ、各ロータリーエンコーダ17a, 17b, …17hが出力するパルス数の積算により、各プーリ16a, 16b, …16hと各糸14a, 14b, …14hとの支持点から前記グリップ15との接続点までの糸長がそれぞれ計測されるようになっている（例えば、特許文献1参照）。

## 【0005】

支持点および糸数を少なくとも7とすると、三次元の位置（3自由度）、姿勢（3自由度）の6自由度に対応することができる。このため、指示に対応する触覚、すなわち、力覚が操作者（入力者）にフィードバックされ、操作者は、このフィードバックによって操作の程度を力覚の変化として知り得ることになる。

支持点および糸数を8とすると、三次元位置（3自由度）、姿勢（3自由度）、および、把持（1自由度）の7自由度に対応することができる。

糸長計測手段は、指示手段（グリップ15）の指示に対応して、各支持点から指示手段（グリップ15）との接続点までの糸の長さを計測し、糸張力制御手段は、糸長計測手段の計測値に基づいて各糸の張力を制御する。このため、指示に対応する触覚、すなわち、力覚が入力者にフィードバックされる。

このような三次元入力装置において、前記支持点が、前記指示手段を中心とする立方格子状または直方格子状に配設されると、あらゆる方向に均一で安定な力覚の提示が実現できる。

【非特許文献1】Gerd Hirzinger: Intuitive Robot Motion Control-The SPACE MOUSE Story, 日本ロボット学会誌 Vol17.No.2, pp.175-179, 1999

【特許文献1】特開2000-093904号（段落番号0025～0030、図1）

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかしながら、従来の三次元入力装置のサイズは、6m（W）×2m（L）×4m（H）と大きく、小さくしても1m（W）×1m（L）×1m（H）が限界で、つながっている糸が干渉しやすくなるという新たな問題が発生し、これ以上小さくできないという問題があった。

## 【0007】

そこで、本発明は、糸が干渉することなく手のひらサイズに小さくして、卓上に置いて片手操作ができる張力駆動による力覚提示装置と、それを使用した入力方法を提供することを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

請求項1に係る発明は、三次元位置を指示するための指示手段と、前記指示手段を三次元方向に移動自在に、かつ、任意の軸回りに回動自在に支持するために、その指示手段の輪郭の少なくとも7箇所に配設された糸(6)の支持点(1c)と、その糸(6)の支持点(1c)から支持部(9)に臨んで繰出され、糸(6)の末端がそれぞれ計測手段に接続され、各支持点から各計測手段までの各糸(6)の糸長を前記計測手段により計測し、その計測手段の計測値に基づいて各糸の張力を制御する糸張力制御手段と、を備えた張力型駆動によるグリップ型力覚提示装置(10)であって、前記指示手段は、グリップ型の球殻(1a)の中に凝縮したグリップ(1)とすることを特徴とする

10

## 【0009】

請求項1に係る発明によれば、指示手段をグリップ型のグリップ(1)の球殻(1a)にしたことにより、片手で握ることができるため、操作性が向上できる。

## 【0010】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の張力駆動によるグリップ型力覚提示装置(10)であって、下ベース(2)と、前記下ベース(2)の上に支持部(5)が立設され、その上に支持された中ベース(7)と、前記中ベース(7)から支持部(9)が立設され、その上に支持された上ベース(8)とが構成され、前記中ベース(7)と前記支持部(9)と上ベース(8)とが前記球殻(1a)に内蔵されており、前記球殻(1a)内の上部の支持点(1c)には、少なくとも3本の糸(6)が接続され、それぞれの糸は上ベース(8)を挿通し、中ベース(7)の下方に設けられた下ベース(2)を挿通し、下ベース(2)の下面に設置したそれぞれのエンコーダ付モータ(4)のプーリ(4a)に巻回され、球殻(1a)内の下部の支持点(1c)には、4本の糸(6)が接続され、それぞれの糸は中ベース(7)を挿通し、下ベース(2)の上面に設置したそれぞれのエンコーダ付モータ(4)のプーリ(4a)に巻回されていることを特徴とする。

20

## 【0011】

請求項2に係る発明によれば、下ベースと、中ベースと、上ベースを縦に形成させたことにより、卓上に置いたPC(Personal Computer)の隣に置くことができるため、装置をコンパクトにすることができる。

## 【0012】

請求項3に係る発明は、請求項2に記載の張力型駆動によるグリップ型力覚提示装置(10)を用いた入力方法であって、グリップ(1)が前記グリップ型力覚提示装置(10)の中心付近を移動しているときは位置入力を行い、グリップ(1)が前記グリップ型力覚提示装置(10)の中心から遠ざかったときは速度入力を行って、位置入力と速度入力とを組み合わせることを特徴とする。

30

## 【0013】

請求項3に係る発明によれば、位置入力と速度入力との組み合わせによる入力方法を行うことにより、速度入力と位置入力との切り替えがわかりやすくなり、違和感がなくなる。また、この入力を利用すると、移動できる範囲に制限がないため、広い領域を操作することが可能である。また、速度入力と比べて使用者が感じる違和感が大幅に少なく、移動の煩雑さもない。そのため、力覚提示の正確さが不要な作業においては、この位置入力と速度入力とを組み合わせることにより、それぞれの問題が解決できる。

40

## 【発明の効果】

## 【0014】

請求項1に係る発明によれば、従来のフレームをボール状の球殻(輪郭)に置き換え、指示手段を球殻のグリップ型にしてコンパクトにしたことから、糸が干渉することなく手のひらサイズにした張力駆動によるグリップ型力覚提示装置を提供することができる。

## 【0015】

請求項2に係る発明によれば、指示手段を球殻のグリップ型にしてコンパクトにしたことから、卓上に置いて片手操作が可能な張力駆動によるグリップ型力覚提示装置を提供す

50

ることができる。

【0016】

請求項3に係る発明によれば、位置入力と速度入力との組み合わせによる入力方法を行うことにより、どちらも問題点を克服した最適な入力方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。

図1は、本発明の張力駆動によるグリップ型力覚提示装置の全体を示す斜視図である。

図1に示すように、グリップ1は、三次元位置を指示するための指示手段であり、球状の肉の薄いプラスチック製の球殻1aによって形成されている。従来のフレームはここにはなく、従来のフレームの機能は、球殻1aが有している。下部に開口部1bを有し、サイズはマウスの縦の大きさとほぼ同じ大きさで、約直径10cmであり、ソフトボール(9.7cm)程の大きさである。グリップ1の内部側には、上ベース8の上側に3本の糸6が120度ごとに配置した支持点1cに結び付けられており、その支持点1cからグリップ1内に臨んで繰出され、球殻1aに内蔵された支持部9の上ベース8を挿通した糸6, 6, 6がそのまま支持部9の中ベース7を通り、支持部5を通り、下ベース2の挿通穴を通して下面に設けられたエンコーダ付モータ4のプーリ4aに巻回されている。

【0018】

下ベース2は、10cm×10cmの大きさであり、厚みが10mm程のアルミ材で形成され、三脚2a, 2a, 2aによって水平に支持されている。下ベース2の上面にも、L型のブラケット3を介してエンコーダ付モータ4が4個設けられている。また、エンコーダ付モータ4の各モータ軸先端部にはそれぞれプーリ4aが装着され、各モータ軸先端部は、各糸6の張力によってモータ軸先端部のたわみを防止するため、ベアリングを介してL型のブラケット3aに支持されている。

中ベース7の近傍に計4本の糸6が90度ごとに同一円状に設けられた支持点1cに結び付けられており、中ベース7を挿通した糸6, 6, 6, 6は、支持部5を通り、下ベース2の上面に設けられたエンコーダ付モータ4のプーリ4aにそれぞれ巻回されている。

この下ベース2の上面と下面に設けられたエンコーダ付モータ4のエンコーダが出力するパルス数の積算によって、プーリ4aの回転数が検出され、前記グリップ1(指示手段)の各支持点から接続点までの各糸の糸長が計測される(計測手段)。

【0019】

図2は、本発明のグリップ型力覚提示装置の下面図である。図2に示すように、下ベース2の下面には、ブラケット3を介してエンコーダ付モータ4が3個配設されている。また、前記同様にエンコーダ付モータ4のモータ軸先端部のたわみを防止するため、ベアリングを介してL型のブラケット3aに支持されている。

エンコーダ付モータ4は、たとえば、Maxon社製の型式271107であり、モータは場所をとらないように、直径に対して長さの短いタイプのモータ型式220432である。エンコーダは磁気式エンコーダ型式201937であり、微小な糸の長さの変化を計るための分解能は、512カウント/回転である。プーリ直径を7mmとすれば、1カウント当たりの糸長の変化量Lは、 $L = \pi d / p = (\pi \times 7) / 512 = 0.0429$  となる。つまり、1カウント当たり、0.0429mmの精度で糸長の変化量を計測することができる。

【0020】

図1に示すように、下ベース2の中央部から4本のパイプ形状の支柱5aで構成された支持部5が立設されて、その上に中ベース7が支持されている。また、中ベース7から4本のパイプ形状の支柱9aで構成された支持部9が立設されて、その上に上ベース8が支持されている。中ベース7と、上ベース8とは、グリップ1の球殻1aによって包囲されている。グリップ1内の上部には、3本の糸6が結び付けられており、内部中央または下部の対向部には、各2本ずつ、計4本の糸6が結び付けられ、合計7本の糸6が結び付けられており、それぞれの糸6は、グリップ1を宙吊り状態に保持し、グリップ1内の支持

部 9 を通って、グリップ 1 の下に設置してあるエンコーダ付モータ 4 のプーリ 4 a に巻回されている。

また、糸 6 が挿通される上ベース 8 と、中ベース 7 との挿通部には、軸受けとして無給油タイプのプッシュが使用されており、摩擦係数が低く抑えられている。

#### 【0021】

図 3 は、従来の三次元入力装置と本発明のグリップ型力覚提示装置の大きさとを比較した模式図である。図 3 に示すように、従来の三次元入力装置は、12 本のフレーム 12 によって、立方格子状に形成されている。このように、従来の三次元入力装置では、広い空間（スペース）を必要とし、中央部にグリップ 15 が配設されている。この広い空間に手を差し入れて、グリップ 15 を握る。しかし、図 3 の右図に示すように、本発明のグリップ型力覚提示装置の入力部には、フレームはなく、フレームがボール状の球殻 1 a であり、従来の左図の大きさを一辺が 1 m の立方体とすると、一辺が 10 cm の立方体に入る球であることから、少なくとも  $1/1000$  の大きさに縮小したサイズになっている。

#### 【0022】

図 4 は、システム全体の構成を示す構成図である。図 4 に示すように、PC (Personal Computer) は、SPIDAR アンプと USB2.0 で接続されている。SPIDAR アンプがモータに与える電流を制御し、SPIDAR アンプが受け取ったエンコーダの情報を得る。SPIDAR アンプは、デバイスのモータと接続され、PC からの指示どおり、トルクが出るように、モータの電流を調整してエンコーダからの信号を受ける。

PC と SPIDAR アンプとが USB2.0 によって接続されているのは、高周波数で制御を行うためである。力覚は非常に敏感な感覚であるため、使用者が違和感を覚えることのないようにモータの制御を高い頻度で行う。この場合の本デバイスは、200 ~ 500 Hz の頻度で更新 (Update) するとよい。

#### 【0023】

ここで、制御方法を説明する。本デバイスのように、グリップ 1 の内部に提示部を配置する構造にした場合でも、基本的には、SPIDAR と同様の方法で制御することができる。本デバイスでは、7 本の糸を利用したが、糸の本数を増やしても方法は同じである。ここでは、m 本の糸を利用するものとする。

#### 【0024】

力覚計算は、グリップ 1 から提示した力覚を、力覚ベクトル  $f$  とする。また、m 本のそれぞれの糸の張力を成分としたベクトル  $\tau$  とする。力覚ベクトル  $f$  は、それぞれの糸の方向を表わす単位張力ベクトル  $\phi$  を並べたワイヤ行列を用いて、

#### 【0025】

##### 【数 1】

$$\begin{aligned} f &= W\tau \\ W &= (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_m) \end{aligned} \quad (1)$$

のように表わすことができる。

なお、糸の単位張力ベクトル  $\phi$  は、グリップからフレームの方向を正とする。

#### 【0026】

図 5 は、グリップとフレーム、糸の関係を示す模式図である。図 5 に示すように、デバイスは、m 本の糸を使用しており、 $p_i$  は各糸のフレーム上の固定位置を表わす。ただし、従来のフレームは、ここにはない。また、提示する力の種類によって  $\phi$  の形式は異なるが、本デバイスでは次のようにする。並進力の 3 自由度を提示する場合は、力覚ベクトル  $f$  の成分は、並進力の各軸方法成分となるので、

#### 【0027】

【数 2】

$$\phi_i = \frac{q_i - p_i}{\|q_i - p_i\|} \quad (2)$$

とする。

また、並進・回転力の 6 自由度を提示する場合は、各力覚ベクトル  $f$  の成分は、並進力、回転力の軸方向成分となる。フレームの中心から  $i$  番目の系の設置位置までのベクトルを  $d_i$  として、

【0028】

10

【数 3】

$$\phi_i = \left( \begin{array}{c} \frac{q_i - p_i}{\|q_i - p_i\|} \\ \frac{q_i - p_i}{\|q_i - p_i\|} \times d_i \end{array} \right) \quad (3)$$

とする。

【0029】

提示したい力覚ベクトル  $f$  から出力すべき張力ベクトル  $\tau$  を求めるために、この問題を二次形式の最適化問題に置き換える。すなわち、二次形式の目的関数  $J$  を決め、それを最小にする張力ベクトル  $\tau$  を求める。ただし、各々の系には、系の張りを維持するために最低でも  $\tau_{min}$  の張力をかけなければならない。また、モータの最大出力が決まっているため、最大でも  $\tau_{max}$  の張力しかかけられない。

20

本デバイスでは、目的関数を次のようにする。

【0030】

【数 4】

$$J = |W\tau - f|^2 + \lambda_s |\tau|^2 \rightarrow \min \quad (4)$$

$$\tau_{min_i} \leq \tau_i \leq \tau_{max_i}$$

30

式 (4) の  $\tau_i$  は張力ベクトルの各成分、すなわち各系の張力であり、 $\tau_{min_i}$ 、 $\tau_{max_i}$  は、各系の最小張力、最大張力である。また、 $\lambda_s$  は正定数である。 $J$  の第 1 項は、提示したい力覚ベクトル  $f$  と張力による力の大きさをできるだけ小さくする目的の項であり、第 2 項は、張力値の一意性・連続性を実現する目的の項である。

【0031】

姿勢計算は、求める姿勢ベクトルを  $r$ 、 $m$  本の系の長さを成分にしたベクトルを  $l$  (エル) とする。微小時間における仮想仕事を考えると、グリップ 1 が外部に成し遂げた仕事と外部から受けた仕事が等しいので、

【0032】

40

【数 5】

$$\tau^T \Delta l = -f^T \Delta r \quad (5)$$

の関係が成り立つ。系の長さの増加方向と、張力ベクトルの増加方向が逆であるので、式 (5) のように、両辺の符号は逆になる。

さて、式 (1) より、 $f = W\tau$  であるから、式 (5) を変形すると、

【0033】

【数 6】

$$\begin{aligned}\tau^T \Delta l &= -\tau^T W^T \Delta r \\ \Delta l &= -W^T \Delta r\end{aligned}\quad (6)$$

となる。実現する自由度よりも糸の本数は多くなるため、この連立方程式は冗長である。 $W^T$ の擬似逆行列  $[W^T]^+$  を定義して  $\Delta y$  を求める。

【0 0 3 4】

【数 7】

10

$$\Delta r = -[W^T]^+ \Delta l \quad (7)$$

以上により、微少時間における姿勢の変化量を求めることができるので、デバイスの使用開始時に初期姿勢でキャリブレーションを行うことで、逐次姿勢を求めることができる。

【0 0 3 5】

つぎに、張力駆動によるグリップ型力覚提示装置を使用した入力方法を説明する。

通常、ハプティックデバイスで仮想世界内のオブジェクトを操作する場合、ハプティックデバイスの提示部の姿勢と、仮想世界内のオブジェクトの姿勢比例関係とする位置入力で行う。そして、仮想世界内のオブジェクトが力を受けた場合は、受けた力と比例関係にある力をハプティックデバイス（図示せず）が提示する。

20

既存のハプティックデバイスを利用する場合は、位置入力では大きな問題は起こらない。しかし、本デバイスは可動域が狭いため、位置入力を行うと、広い仮想空間（Virtual world）に対して操作を行う場合に問題が生じる。

そこで、位置入力による問題から説明する。

【0 0 3 6】

位置（姿勢）入力方法は、ハプティックデバイス（図示せず）の提示部の姿勢と、仮想世界内のオブジェクトの姿勢とが比例関係にあるとする方法である。力覚提示は、仮想世界内のオブジェクトにかかる力と比例関係にある力をハプティックデバイスが提示することで行う。この位置入力方法は、仮想世界内のオブジェクトが受けた力をそのまま返すため、力の提示を正確に行うことができる。そのため、心理実験などの正確さが求められる場合に適している。

30

しかし、可動域の狭い本デバイスでは、広い領域を操作できないという欠点がある。そこで、比例関係の比の値を大きくすることによって、操作する領域を広げることは可能であるが、細かい操作がしにくくなり、操作性は著しく低下する。さらに、1ステップの間に移動する量が大きくなるため、物理シミュレータの正確さが低下するという問題がある。この方法を式で表わすと、次のようになる。

【0 0 3 7】

【数 8】

40

$$\begin{aligned}r_v &= a r_d \\ f_d &= b f_v\end{aligned}\quad (8)$$

$r_v$ ：仮想世界内のオブジェクトの姿勢

$r_d$ ：デバイスの姿勢

$f_v$ ：仮想世界内のオブジェクトが受ける力

$f_d$ ：デバイスが提示する力

$a, b$ ：比例定数

50

## 【0038】

もう1つの入力方法である速度入力について説明する。速度入力は、ハプティックデバイスの移動量と、仮想世界内のオブジェクトの速度を比例する方法である。力覚提示は、仮想世界内のオブジェクトの速度変化に比例した力を、ハプティックデバイスが提示する。本デバイスでこの方法を行う場合は、操作感が向上するように、グリップが中心に戻るような力をさらに加えるようにしてもよい。

この方法を式で表わすと、次のようになる。

## 【0039】

【数9】

$$v_v = cr_d$$

10

$$f_d = d\Delta v_v - er_d \quad (9)$$

$v_v$  : 仮想世界内のオブジェクトの速度

$r_d$  : デバイスの姿勢

$\Delta v_v$  : 仮想世界内のオブジェクトの速度変化

$f_d$  : デバイスが提示する力

$c, d, e$  : 比例定数

この速度入力方法は、仮想世界内のオブジェクトが移動できる範囲の制限がないため、広い領域を操作することが可能である。しかし、独特の操作感があるため、その感覚を有効に利用できるゲームなどには適しているが、一般的な作業においては慣れが必要であり、違和感を覚えるという問題がある。

20

## 【0040】

そこで、それぞれの問題点を補完し解消できる入力方法として、本願発明の位置入力と速度入力を組み合わせた入力方法について説明する。位置入力と速度入力を組み合わせた方法では、グリップが仮想入力空間の中心付近を移動しているときは、位置入力を行い、グリップが可動域の中心から遠ざかったときは、速度入力を行う。力覚提示は、それぞれ前記した同じ方法で行う。ただし、速度入力を行っているときに、グリップの中心に戻る力は大きめ（強め）にする。それは、式（9）の右辺の $er_d$ の値を大きくすることに対応する。

30

## 【0041】

図6は、位置入力と速度入力を組み合わせた方法について説明する概念図である。

図6に示すように、左右の領域は速度入力であり、その間の領域が位置入力である。この入力方法の概念を、x方向での移動を例にして太い線で記載されている。このように、速度入力と位置入力との切り替えがわかりやすくなり、違和感がなくなる。

この入力を利用すると、移動できる範囲に制限がないため、広い領域を操作することが可能である。また、速度入力と比べて使用者が感じる違和感が大幅に少なく、移動の煩雑さもない。そのため、力覚提示の正確さが不要な作業においては、この位置入力と速度入力を組み合わせることにより、それぞれの問題が解決できる。

40

## 【0042】

ここで、精度を検証した実施例を説明する。本デバイスは、小型化に主眼を置いたため、6自由度を実現するために、必要最小限の本数である7本としたため、姿勢計算の精度が懸念されたので、グリップ1を移動させたときの精度を検証した。

本デバイスを利用して糸の長さから計算された姿勢と、測定装置であるOPTOTRACKにより外部から測定された姿勢を比較する。OPTOTRACKは測定対象物に取り付けら赤外線発光ダイオードを追跡し、リアルタイムに三次元座標を計測する装置である。検証するための実験は、本デバイスにOPTOTRACK用のマーカーを取り付け、手でグリップを移動させることで行った。グリップをx軸、y軸、z軸に沿った並進方向の3軸と、x軸、y軸、z軸の軸回りの回転方向を合わせた計6自由度の方向に移動させたときに

50

測定した。

#### 【0043】

並進方向は、グリップ1の中心位置からそれぞれの方向に±10mmの方向に範囲を移動させ、回転方向は、x軸、y軸を中心とした回転については、グリップ1の中心位置からそれぞれの方向に±25°の範囲で移動させ、z軸を中心とした回転については、グリップ1の中心位置からそれぞれの方向に±40°の範囲で移動させた。

なお、実験を利用した座標系は、図1に示すように、デバイスの正面から見て、左右をx軸、前後をy軸、上下をz軸としている。

#### 【0044】

図7は、測定結果を示すグラフであり、左側の上段、中段、下段の(a),(b),(c)は、x軸、y軸、z軸に対し並進方向について測定した結果を示し、右側の上段、中段、下段の(d),(e),(f)は、x軸、y軸、z軸の各軸回りの回転方向について測定した結果を示すグラフである。

各グラフはOPTOTRACKによる実測値を横軸、本デバイスにより計算された値を縦軸にしている。図7(a),(b),(c)に示すように、並進方向に移動したときは、それぞれの軸方向に±10mm移動したとき、約1mmの誤差が出ている。しかし、本デバイスにより計算された値は、OPTOTRACKにより実測された値と一致していることがわかる。また、回転方向については誤差が少なく、高い精度で姿勢の計算ができることが分かる。微小の誤差の原因は、糸を通す穴の位置精度からくる誤差であり、また、使用開始時にグリップを中心位置に置き、初期長さのキャリブレーション(校正)を行った際の、グリップの中心位置と真の中心位置との位置精度からくる誤差である。

本デバイスで1mm程度の誤差は、人間の手先の位置感覚からみれば、全く問題はなく、ヒューマンインターフェースとして使用するためには、十分な精度の範囲内である。

#### 【0045】

なお、本発明はその技術思想の範囲内で種々の改造、変更が可能である。例えば、上ベース、中ベース、下ベースの加工精度をもっと上げて構わない。また、糸は、芳香性ポリアミド繊維(商品名:ケブラー)、テグスのつり糸、ワイヤなどの軽量で伸びにくい糸材料である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0046】

【図1】本発明の張力駆動によるグリップ型力覚提示装置の全体を示す斜視図である。

【図2】本発明のグリップ型力覚提示装置の下面図である。

【図3】従来の三次元入力装置とグリップ型力覚提示装置の大きさとを比較した模式図である。

【図4】システム全体の構成を示す構成図である。

【図5】グリップとフレーム、糸の関係を示す模式図である。

【図6】従来の振れ止め装置の拡大図であり、(a)は、加工前の状態を示す断面図であり、(b)は、加工終了時の状態を示す断面図である。

【図7】測定結果を示すグラフであり、左側の上段、中段、下段の(a),(b),(c)は、x軸、y軸、z軸の並進方向について測定した結果を示し、右側の上段、中段、下段の(d),(e),(f)は、x軸、y軸、z軸の回転方向について測定した結果を示すグラフである。

【図8】従来の力覚提示装置である三次元入力装置の斜視図である。

#### 【符号の説明】

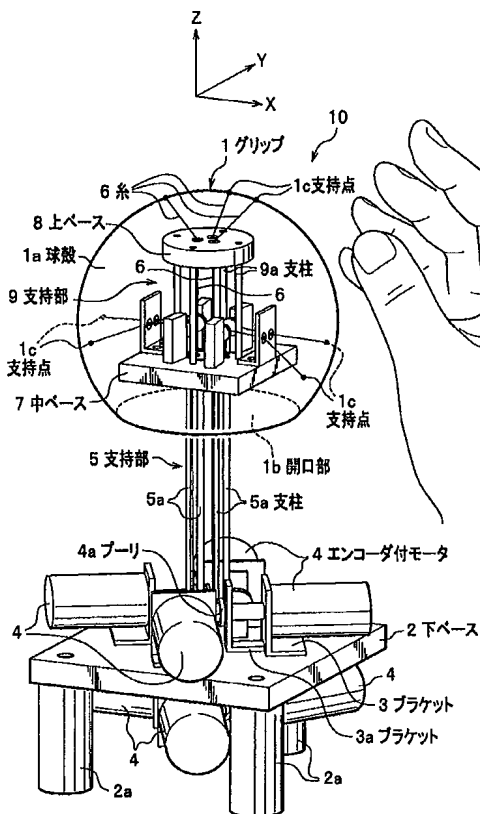
#### 【0047】

- 1           グリップ
- 1 a       球殻
- 1 b       開口部
- 1 c       支持点
- 2           下ベース

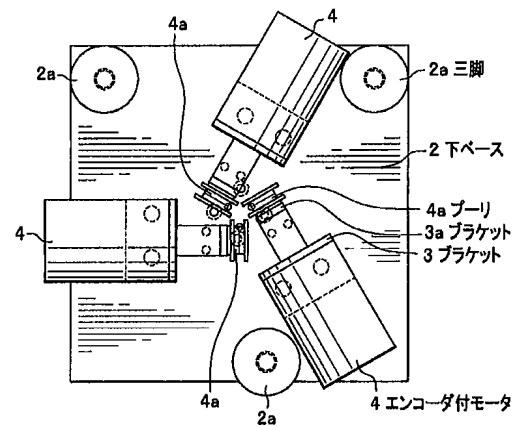


- |        |             |
|--------|-------------|
| 2 a    | 三脚          |
| 3, 3 a | ブラケット       |
| 4      | エンコーダ付モータ   |
| 4 a    | プーリ         |
| 5      | 支持部         |
| 5 a    | 支柱          |
| 6      | 糸           |
| 7      | 中ベース        |
| 8      | 上ベース        |
| 9      | 支持部         |
| 9 a    | 支柱          |
| 10     | グリップ型力覚提示装置 |

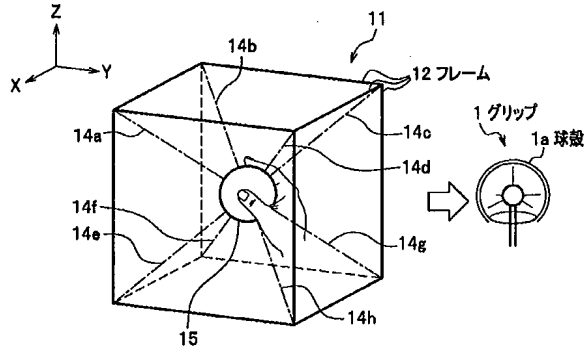
【 図 1 】



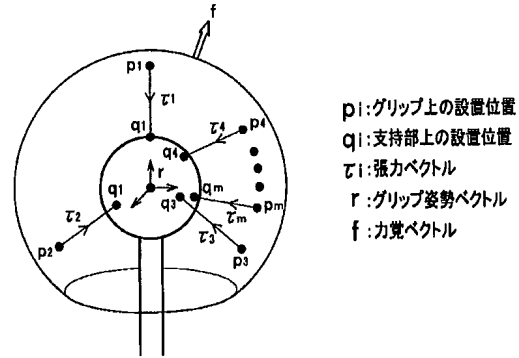
【図 2】



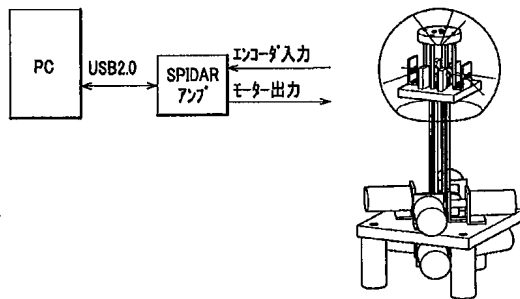
【図 3】



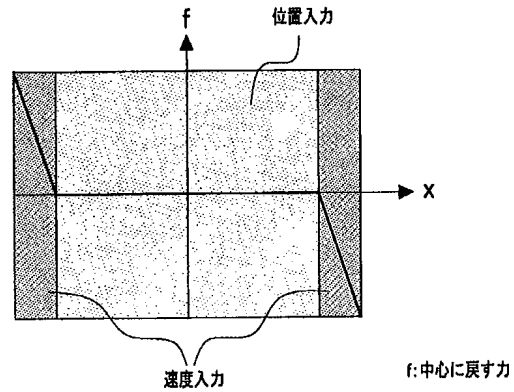
【図 5】



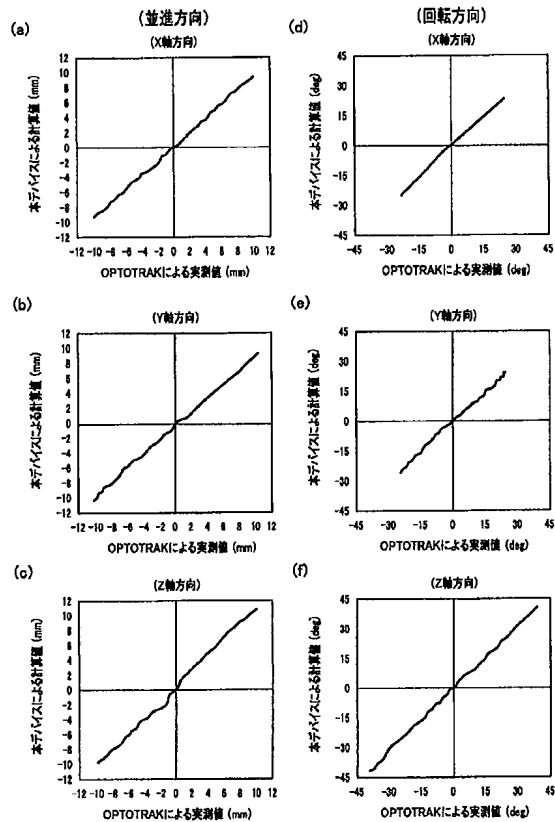
【図 4】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

